**Disclaimer**

Deze fiche is bedoeld voor ontwerpers, bestekschrijvers en andere leden van projectteams die dit bouw materiaal of -product willen hergebruiken. Ze maakt deel uit van een reeks fiches met als doel de momenteel beschikbare informatie samen te brengen om het hergebruik van bouwmaterialen en -producten te vergemakkelijken.

Deze fiche is opgesteld door Rotor vzw/asbl in het kader van het Interreg FCRBE-project - Facilitating the Circulation of Reclaimed Building Elements, gesteund door het volledige projectpartnerschap. Informatiebronnen zijn onder meer de ervaring van hergebruikhandelaars en de betrokken projectpartners, lessen uit voorbeeldprojecten, beschikbare technische documentatie, etc.

De reeks fiches is opgesteld tussen 2019 en 2021. Aangezien de hergebruiksector volop evolueert is het mogelijk dat sommige gegevens, vooral met betrekking tot prijzen en beschikbaarheid, mettertijd veranderen. Wanneer in de tekst wordt verwezen naar Europese normen is het aan het projectteam om, indien nodig, te verwijzen naar hun nationale implementaties en lokale bijzonderheden.

Het is belangrijk op te merken dat de hier gepresenteerde informatie niet exhaustief is of de deskundigheid van professionals beoogt te vervangen. Specifieke vragen zijn altijd projectgebonden en moeten als dusdanig worden behandeld.

De volledige verzameling fiches (inclusief de inleidende fiche) is vrij verkrijgbaar op verschillende referentiewebsites (o.a. [opalis.eu](http://opalis.eu), [nweurope.eu/fcrbe](http://nweurope.eu/fcrbe), [futureuse.co.uk](http://futureuse.co.uk)).

Een niet-exhaustieve lijst van handelaars in gerecupereerde bouwmaterialen is beschikbaar op [opalis.eu](http://opalis.eu) en [salvoweb.com](http://salvoweb.com).

---

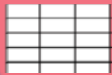
Interreg FCRBE-partnerschap: Bellastock (FR), Wetenschappelijk en Technisch Centrum voor het Bouwbedrijf / WTCB (BE), Leefmilieu Brussel (BE), het Centre Scientifique et Technique du Bâtiment / CSTB (FR), Confederatie Bouw (BE), Rotor (BE), Salvo (UK) en University of Brighton (UK)

De informatie in dit document is niet noodzakelijkerwijs een weergave van het standpunt van alle partners van het FCRBE-project, noch van de financierende autoriteiten.

Tenzij uitdrukkelijk anders vermeld is de inhoud van deze fiches gecrediteerd onder het Creative Commons Attribution NonCommercial - Share Alike formaat (CCBY-NC-SA).



Tenzij uitdrukkelijk anders vermeld zijn de in dit document gebruikte afbeeldingen eigendom van © Rotor vzw/asbl of © Opalis. Voor alle andere afbeeldingen werd er systematisch om toestemming tot publicatie gevraagd aan hun auteurs of rechtmatige eigenaars. Wanneer dit verzoek niet werd beantwoord namen we aan dat er geen bezwaren waren tegen het voorgenomen gebruik van de afbeelding. Indien u van mening bent dat deze interpretatie onredelijk is, gelieve het ons dan te laten weten.

**Beschrijving van het materiaal**

Natuursteen wordt al van oudsher gebruikt en hergebruikt in de bouw, met name voor het bekleden van buitengevels en binnenmuren. In zijn verhandeling over architectuur uit 1485 (*De re ædificatoria...*) spreekt Alberti al over het gebruik van natuursteen voor de bouw van wat hij de 'huid' of 'schors' van gebouwen noemt, namelijk de buiten- en binnenkant van muren. Hierover zegt hij: '...de ene vangt langs de buitenkant de wind en zon op, de andere houdt aan de binnenkant de schaduw vast...'. Hoewel de terminologie sinds de 15e eeuw is veranderd, wordt natuursteen nog steeds voor dezelfde doeleinden gebruikt. Vandaag maken we voor muurbekleding een onderscheid tussen natuurstenen platen en tegels uit natuursteen. Deze laatste zijn dunner en kleiner van formaat. Dikkere en grotere elementen vallen in de categorie van massieve gevelstenen, die meestal volgens andere technieken worden geplaatst.

Deze fiche gaat over het hergebruik van natuurstenen platen voor muurbekledingen (verder ook gewoon 'platen' genoemd). De natuursteenplaten kunnen ook voor andere doeleinden worden gebruikt, bijvoorbeeld als vloerbedekking (zie de fiche over natuurstenen vloertegels).

Het marktaanbod aan muurplaten voor hergebruik omvat een zeer grote verscheidenheid aan producten. Deze kunnen worden onderscheiden volgens verschillende criteria:

→ **Oorspronkelijke gebruik.** Sommige partijen zijn afkomstig van de gevels van kantoor- en andere grote openbare of private gebouwen (bv. spoorwegstations, banken, etc.). Bij de sloop van dergelijke gebouwen komen meestal grote hoeveelheden identieke natuursteenplaten vrij, vaak in uitstekende staat en van goede kwaliteit. Andere natuursteenplaten zijn afkomstig van de zorgvuldige ontmanteling van vensterbanken, vloerbedekkingen, etc. uit verschillende soorten



Afgeschuinde randen  
© Pierre de Bourgogne



Afgeschilferde randen



Rechte randen



Bolle randen

gebouwen, waaronder ook oudere bouwwerken.

→ **Geologische herkomst.** Voor de vervaardiging van natuursteenplaten voor muurbekleding worden vele steensoorten gebruikt: graniet, marmer, kalksteen, zandsteen, leisteen, travertijn, etc., en dit in vele lokale varianten.

→ **Afmetingen.** Meestal hebben gerecupereerde natuursteenplaten een lengte en breedte tussen 30 en 150 cm en een dikte tussen 1 en 8 cm. Soms worden ook elementen aangetroffen met meer specifieke afmetingen.

→ **Uitzicht.** De verscheidenheid aan gesteenten resulteert in een breed kleurenpalet, zelfs binnen eenzelfde familie: grijs, beige, oker, bruin, roze, brons, etc. De insluitsels van de stenen worden aangeduid met specifieke benamingen: aders, korrels, lagen, vlammen, vlekken, etc.

Behalve door het gesteente wordt het uitzicht van de platen ook bepaald door de wijze waarop ze oorspronkelijk werden vervaardigd (gekliefd, gezaagd) en afgewerkt (vlammen, zandstralen, gritstralen, punthameren,

polijsten, etc.). Na verloop van tijd verandert hun uitzicht ook naargelang de gebruiksbelasting: verzoeting, polijsting of donkere verkleuring van het oppervlak, verf- of mortelresten aan de zij- of achterkant, groei van organismen (mos, korstmos), etc.

Voor de oppervlaktebehandeling van sommige steensoorten kan het, net zoals voor nieuwe natuursteen, nodig zijn kit, vulmiddelen of soortgelijke producten te gebruiken om de natuurlijke gaten, defecten of barsten op te vullen. Soms is er bij gerecupereerde platen een anti-graffitibehandeling aanwezig (bv. bij natuursteenplaten afkomstig van gevelbekledingen op het gelijkvloers langs de straatkant).

De randen van de natuursteenplaten kunnen recht, bol, afgeschilferd of afgeschuind zijn.

De bewerking van gerecupereerde natuursteenplaten (zagen, vlakslippen, frezen, etc.), zal over het algemeen het uitzicht van de zichtbare vlakken veranderen.



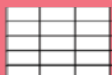
Natuurstenen plaat van gepolijst grijs graniet



Natuurstenen plaat van Carrara-marmer



Doucheruimte uitgevoerd in hergebruikt rood marmer. Brussels (BE) © Séverin Malaud



→ **Bevestiging.** De natuursteenplaten kunnen gelijmd of mechanisch bevestigd zijn :

- Lijmen wordt over het algemeen alleen toegepast bij dunnere platen (1 tot 2 cm dik, afhankelijk van de volumieke massa van de steen).
- Mechanische bevestigingsmiddelen zijn geschikt voor dikkere platen (2 tot 8 cm). Er zijn verschillende soorten: metalen ankers met of zonder morteldot, bevestigd op een tussenstructuur of rechtstreeks in de muur. De metalen ankers kunnen op niet-destructieve wijze, bijvoorbeeld met een pacometer, worden gelokaliseerd zonder de platen te demonteren.

→ **Oorspronkelijk voegwerk.** Afhankelijk van de plaatsingsmethode, de aan- of afwezigheid van isolatie, de exacte plaats van de natuursteenplaten en de hoogte van het gebouw, treffen we doorlopende volle voegen aan (mortel, voegspecie, epoxy, etc.); horizontale en verticale soepele verdeel- of uitzettingsvoegen (epoxy, kit, etc.); of verdiepte voegen, leeg gelaten of versierd met metalen elementen.



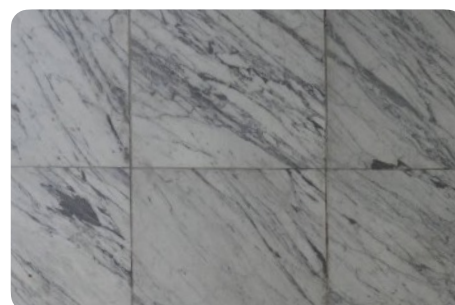
*Bekleding in natuursteen bevestigd met metalen ankers, vastgezet in morteldotten.*



*Opsporen van de metalen ankers van een natuursteenbekleding met behulp van een pacometer  
© WTCB*



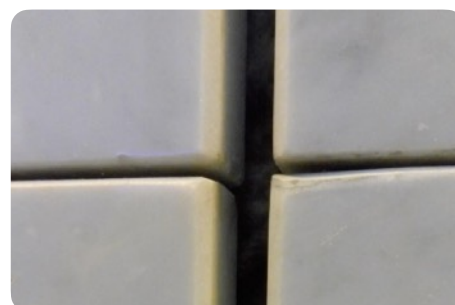
*Mechanisch bevestigde natuursteenbekleding*



*Volle voeg*



*Verdiepte voeg opgevuld met metalen elementen*

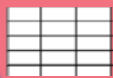


*Verdiepte voeg*



*Doucheruimte uitgevoerd in hergebruikt marmer © Lionel Billiet*





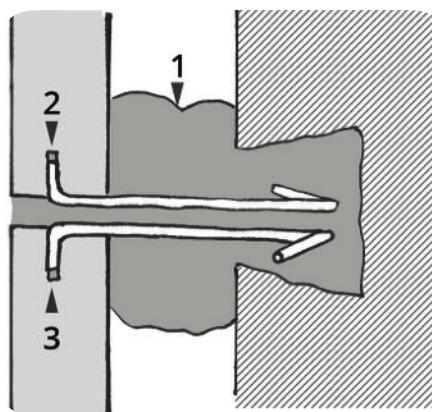
## Recuperatie van het materiaal

**Natuursteenplaten voor muurbekleding zijn zeer geschikt voor hergebruik, hetzij ter plaatse, hetzij via de professionele hergebruikhandelaars. Deze kunnen ook hele partijen van gebruiksklare platen leveren. Ze kunnen doorgaans verzekeren dat de volgende handelingen goed worden uitgevoerd:**

→ **Demontagetests** (of deskundig advies). Deze laten toe de haalbaarheid en rentabiliteit van de demontage na te gaan. Een 'deskundig oog' kan de waarde van een partij meestal inschatten op basis van plannen, foto's, historische documenten of een bezoek ter plaatse. Voor natuursteenplaten zijn de aandachtspunten onder andere:

- de algemene staat van de partij en de plaatsingsmethode: staat van de steen, formaten, afmetingen, bevestigingsmethode, aard van de ondergrond en de voegen, etc.
- de commerciële waarde, afhankelijk van het model, de beschikbare hoeveelheid, het verkooppotentieel, de specifieke regionale kenmerken, etc.
- de logistieke omstandigheden op de demontagewerf, met name deadlines, arbeidsduur, nodige handelingen, transport, etc.

→ **Demontage**. Een zorgvuldige demontage is erop gericht de integriteit van de natuursteenplaten en een zekere homogeniteit van de partijen te garanderen. Wanneer de voegen tussen de platen vol zijn uitgevoerd is het soms raadzaam de platen los te maken met behulp van geschikte werktuigen (diamantzaag op een rail, water onder druk, etc.) en geschikte hulpmiddelen om afschilfering van de platen te voorkomen. Daarna kunnen ze worden verwijderd (*Figuur 1*). Als de natuursteenplaten mechanisch verankerd zijn, moet



Figuur 1. Bevestigingsmiddelen in de rand van de natuursteenplaat vastgezet met mortel

- (1) Morteldot  
(2) Draaganker  
(3) Windanker

een eerste plaat worden gebroken om toegang te krijgen tot de achterkant van de bekleding, en moet vervolgens de morteldot (1) rond de metalen bevestigingsmiddelen (2 & 3) met een beitel worden gebroken. Daarna moeten de bevestigingsmiddelen met een beitel of koevoet worden verwijderd of ter hoogte van de voegen worden doorslepen. Om tijdens de demontage het risico op beschadiging te beperken, is het aangeraden de spanningen in de platen te verminderen door eerst twee (loodrechte) zijden van de los te maken platen vrij te maken. Dit houdt meestal in dat de niet-vrije platen die zich aan de rand van de wand bevinden gebroken worden. Het is aangewezen om bij de demontage van boven naar beneden te werken. Sommige natuursteenplaten kunnen overigens erg zwaar zijn vanwege hun afmetingen en de dichtheid van de steen (>2,5 t/m<sup>3</sup>). Zo nodig dient men speciale hefmiddelen te voorzien. Bij de demontage kan het ook nodig zijn maatregelen te treffen voor het werken op hoogte, en kan er aan de voet van de muur een hoop zand voorzien die de tegels kan opvangen.

→ **Reiniging en sortering**. De natuursteenplaten worden gesorteerd volgens kwaliteit, kleur, grootte en mate van reiniging. Elementen die beschadigd zijn (vb. gebarsten platen) of andere grote gebreken vertonen worden afgevoerd. Het verliespercentage hangt sterk af van de steensoort, de oorspronkelijke gebruiksomstandigheden, de plaatsingsmethode, de dikte van de platen en de precisie van de demontage. Om resten van de mortel, voegmiddelen, etc. te verwijderen volstaat het meestal de elementen te reinigen met water; of de resten af te schrapen met een geschikt mes. De metalen bevestigingsmiddelen dienen ook verwijderd te worden.

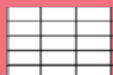
→ **Bewerkingen**. Sommige platen kunnen reeds na een basisreiniging worden hergebruikt, terwijl andere bijkomende bewerkingen vereisen, zoals:

- **Zagen**: de natuursteenplaten kunnen worden verzaagd om hun afmetingen gelijk te maken en zodoende hun hergebruik te vergemakkelijken.
- **Grondige reiniging**: bij sommige poreuze stenen kan het zichtbare oppervlak vlekken vertonen of verkleurd zijn ten gevolge van gebruik, luchtverontreiniging of mosvorming. Het is niet altijd mogelijk deze stenen in hun oorspronkelijke staat te herstellen. Dit hangt af van de diepte van de aantasting, wat afhankelijk is van het soort vervuiling en de steensoort. Het is raadzaam contact op te nemen met een specialist om na te vragen welke producten compatibel en welke behandelingsmethoden geschikt zijn. Verschillende technieken zijn mogelijk: polijsten met water (bij verschillende druk en temperatuur), gebruik van chemicaliën (oxaalzuur, fluorsilicaat, glansmiddelen), mechanische reiniging (schuren, glanzen, hydro-pneumatisch stralen, fijnstralen, microschuren, etc.) en zelfs, in zeer speciale gevallen, het gebruik van laser, latex of cataplasma's.

De keuze van een geschikte reinigingstechniek zal voornamelijk afhangen van de volgende aspecten: aard en hardheid van de steen, fijnheid van de korrel en andere eigenschappen van het oppervlak, aanwezigheid van aantasting, soort en graad van vervuiling en het gewenste resultaat.

- **Afwerking**: het komt zelden voor dat natuursteenplaten na hun recuperatie in het atelier een oppervlaktebehandeling krijgen, omdat het meestal de bedoeling is hun patina te bewaren. Maar om aan eventuele eisen te voldoen (homogene partij, een ruw uitzicht, etc.) zijn verschillende afwerkings-technieken mogelijk, afhankelijk van de aard van de steen en de verwachte prestaties: punthameren, zandstralen, vlammen, gritstralen, bikken, etc. Het soort afwerking wordt aangeduid met specifieke termen naargelang de betreffende steensoort.

- **Herstelling van de gaten van de ankers of andere bevestigingsmiddelen**: de bestaande gaten kunnen zijn beschadigd tijdens de gebruiksfase of bij het verwijderen van de platen (afschilfering, barsten, verwijding, etc.). In dat geval kunnen de zichtbare gaten worden opgevuld met een geschikt product en kunnen er in een atelier nieuwe gaten worden geboord (rekening houdend met de plaats en de sterkte van de nieuwe bevestigingsmiddelen zoals voorgeschreven door de technische normen voor het product).



→ *Opslag en verpakking.* De natuursteenplaten worden meestal buiten opgeslagen, waarbij ze op hun smalle kant in houten kisten worden geplaatst of horizontaal met spanbanden op pallets worden vastgezet. Afhankelijk van de breekbaarheid van de platen worden ze overdekt opgeslagen, waarbij contact met de grond moet worden vermeden en eventueel een bescherming tegen vorst moet worden voorzien. Idealiter worden er telkens afstandhouders tussen de platen geplaatst om het risico op beschadiging te beperken. Deze houten latten moeten onbehandeld, goed droog, en vrij van looistoffen zijn, die vlekken kunnen veroorzaken op de stenen. Ook metalen spanbanden moeten worden vermeden omdat ze roestvlekken kunnen veroorzaken op de stenen. Bij de verpakking moet rekening worden gehouden met de aanzienlijke massa van de elementen. Er moeten ook passende transport- en hefmiddelen worden voorzien.

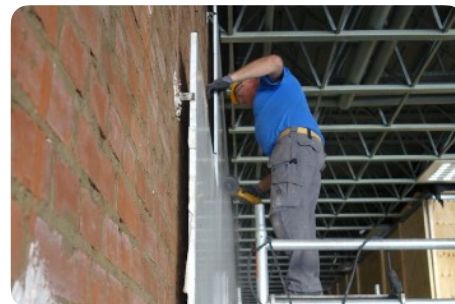
De gebruiksklare platen worden gegroepeerd in homogene partijen. Ze worden meestal per partij of per m<sup>2</sup> verkocht. De meeste leveranciers kunnen een technische fiche bezorgen met hun voornaamste kenmerken: steensoort, nominale afmetingen en toleranties, afwerking, geschikte toepassingen en in sommige gevallen hun herkomst.

**Aandachtspunt!**

*Dunnere gevelplaten van metamorfe marmor kunnen onderhevig zijn aan granulaire ontbinding, wat kan leiden tot kromtrekken, barsten en scheuren van de elementen en gevaar voor vallende platen. Dit verschijnsel wordt versterkt bij gevels die erg blootgesteld zijn aan regen en zon (gericht op het zuiden of zuidwesten) en bij platen met grote afmetingen. Dit leidt vaak tot scheurvorming ter hoogte van de ankers. Dit verschijnsel kan over het algemeen vastgesteld worden door een nauwkeurige visuele inspectie. Het kan ook worden waargenomen bij een grondig onderzoek van de microstructuur van de steen.*



Wandbekleding van marmeren platen



Wandbekleding van marmeren platen



Doorslijpen van de bevestigingsmiddelen



Demontage van marmeren platen



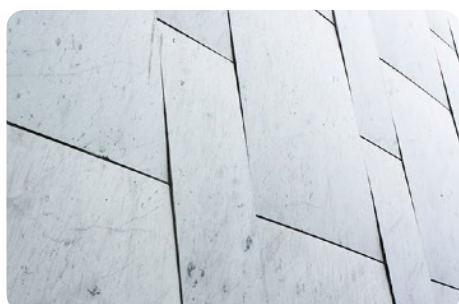
Palletiseren van de platen



Laden en vervoeren van de platen



Verwijderen van voegmortelresten op de randen met een slijpmachine



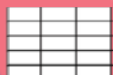
Kromtrekken van natuurstenen platen. Alvar Aalto's Finlandia Hall, Helsinki © University Of Helsinki



Stockage van gekuiste platen



Hergebruik van de platen als gevelbekleding, Project Jaspar, Architect Guillaume Sokal, Brussel (BE). © Guillaume Sokal



## Toepassingen en plaatsing

**De hier voorgestelde toepassingen hebben betrekking op natuursteenplaten die oorspronkelijk als muurbekleding werden gebruikt en als dusdanig worden hergebruikt. Andere toepassingen zijn uiteraard ook mogelijk (bv. als spat-scherm, vloerbedekking, etc.) maar worden hier niet besproken (zie bijvoorbeeld de fiche over natuurstenen vloertegels). Ook de situatie waarin een natuursteenplaat die afkomstig is van een andere toepassing wordt hergebruikt als muurbekleding, wordt in deze fiche niet expliciet besproken.**

Algemeen geldt dat bij de keuze van de natuursteenplaten rekening moet worden gehouden met de verwachte belasting (zie § 'Eigenschappen en geschiktheid voor beoogd gebruik').

In gevels wordt de grootste belasting veroorzaakt door het eigengewicht van de natuursteen en de wind maar er moet ook rekening worden gehouden met andere factoren (weersinvloeden, thermische schokken, trillingen, impact, etc.). Er moet altijd rekening worden gehouden met de ontwerpnormen (Eurocode 1), de nationale en Europese productnormen (EN 1469: Natuursteenproducten - wandplaten), alsook met de regels van de kunst en de geldende uitvoeringsnormen.

De plaatsing van een volledige partij recupereerde natuursteenplaten voor muurbekleding in goede staat verschilt weinig van de plaatsing van nieuwe platen. Afhankelijk van de kenmerken van de partij, lenen de elementen zich voor dezelfde verscheidenheid aan plaatsingsmethoden en moet er met dezelfde aandachtspunten rekening gehouden worden, namelijk: formaat van de elementen, eigenschappen van de steen, plaatsingsmethode en eigenschappen van de plaatsingselementen (bevestigingsmiddelen of lijmen), aard en staat van de ondergrond, isolatie, waterdichting, voegen, gebreken van de steen ter hoogte van de bevestigingspun-

### Denk omkeerbaar!

*Sommige plaatsingsmethoden maken het moeilijk of zelfs onmogelijk om de natuursteenplaten later te recupereren. Waar mogelijk en bij vergelijkbare prestaties wordt best de voorkeur gegeven aan een mechanische verankering (haken, ankers, etc.). En zonder of met gemakkelijk te reinigen voegen!*

ten (barsten, afgesprongen stukken), staat van het steenoppervlak (vetvlekken, oxidatievlekken, druijsporen, etc.).

Bij het opstellen van de technische voorschriften met betrekking tot de levering van een partij natuursteenplaten voor hergebruik kunnen de volgende kenmerken worden beschreven en gespecificeerd:

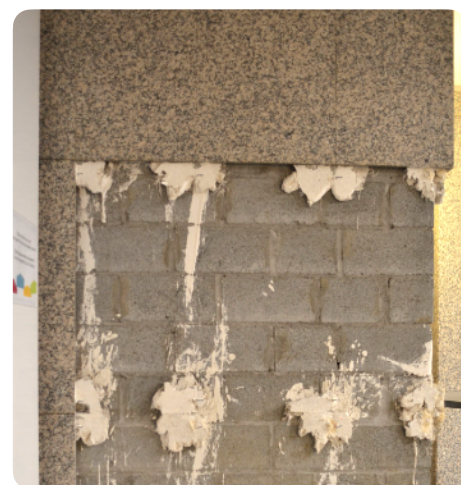
→ **Samenstelling van de partij.** De partij platen voor hergebruik bestaat uit elementen van dezelfde geologische aard (graniet, marmer, kalksteen, etc.) en eventueel zelfs met eenzelfde oorspronkelijk gebruik en/of regio van herkomst (binnentoepassing, vorstgevoelig gebied, etc.). Het is raadzaam om een aaneengesloten oppervlak te bekleden met elementen van eenzelfde lot. Voor minder veeleisende toepassingen kunnen ook gemengde partijen gebruikt worden.

→ **Dikte.** De dikte van natuursteenplaten voor muurbekleding is van invloed op hun mechanisch gedrag. Dit kenmerk dient te worden bepaald op basis van verschillende criteria: aard en textuur van het gesteente, beoogd gebruik, formaat, plaatsing, plaatsings- en verankeringsmethode, aard en intensiteit van de belastingen (wind, trillingen, schokken, vochtigheid, thermische vervormingen, kruip en krimp van de tussenstructuur, etc.). In de meest voorkomende gevallen wordt voor mechanisch bevestigde zachte en middelharde kalkgesteenten (volumieke massa < 2.500 kg/m<sup>3</sup>) over het algemeen een dikte van 4 cm noodzakelijk geacht. Deze kan voor dichtere steensoorten (marmer, graniet, hardsteen, etc.) worden verminderd tot 3 cm, of onder zeer specifieke voorwaarden (harde en homogene steen, goede kwaliteit van de ankers, opvang bij een val, etc.) zelfs tot minder dan 2 cm. Dit dient dan via specifieke procedures te worden verantwoord. Voor een gelijkde uitvoering daarentegen moeten de platen tussen de 1 en 2 cm dik zijn, afhankelijk van de volumieke massa van de steen.

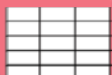
→ **Afmetingen.** De afmetingen van de natuursteenplaten voor hergebruik verschillen doorgaans van de ene partij tot de andere. Afhankelijk van de oorspronkelijke toepassing kunnen ze ook binnen eenzelfde partij verschillen. Het is belangrijk de gewenste afmetingen en de maattolerantie te specificeren. Goed om weten: in de uitvoeringsnormen zijn verschillende eisen vastgelegd in verband met de bevestiging, in functie van de oppervlakte van elke plaat, de verhouding tussen de lengte en de breedte (meestal ongeveer 1:3 voor buitentoepassingen en tot 1:5 voor binnen) en ook de hoogte waarop ze

worden geplaatst (minder dan 6 m, tussen 6 en 28 m, etc.). Voor platen met ongewone afmetingen kan bijgevolg een specifieke aanpak vereist zijn.

→ **Kleur.** Natuurstenen vertonen van nature een grote verscheidenheid aan kleuren en uiterlijke kenmerken. Afhankelijk van de toepassing (bv. in de context van een erfgoedrenovatie) kan dit kenmerk worden gespecificeerd door een algemene tint of een welbepaalde kleur op te geven. Men kan ook vragen de platen te mengen om een gelijkmatige kleurverdeling te verkrijgen.



Demontage van platen in graniet voor binnenmuurbekleding



→ **Staat.** Behalve mortel-, verf- en bitumen-resten, kunnen gerecupereerde natuursteenplaten ook lichte beschadigingen vertonen zoals oppervlakkige slijtagesporen, afschilferingen, kleine barstjes, kraters, krasen, vlekken (druipsporen, vetvlekken, kringen, oxidatie), etc. Deze beschadigingen kunnen van invloed zijn op de technische en esthetische eigenschappen van de natuursteenplaten, evenals op hun plaatsing; maar ze vormen geen al te groot obstakel voor hergebruik, behalve voor zeer specifieke toepassingen (zie § 'Eigenschappen en geschiktheid voor beoogd gebruik'). Eventueel kunnen deze beschadigingen worden bijgewerkt met bepaalde oppervlaktebehandelingen of zelfs worden afgezaagd.

De partij mag echter geen elementen bevatten die ernstige beschadigingen vertonen die de structurele integriteit van het element kunnen aantasten (bv. grote barsten, breuken, afgesprongen stukken of andere gebreken in de steen ter hoogte van de bevestigingspunten). Het is de verantwoordelijkheid van het projectteam om een aanvaardbare graad van imperfectie te definiëren die rekening houdt met het beoogde gebruik en de plaatsingsmethode, door de aanvaarding of afwijzing van bepaalde gebreken te specificeren.

Let op de gaten van de oude haken of ankers. Soms zijn de platen onzorgvuldig losgemaakt, waardoor de gaten 'kraters' zijn geworden. Soms zijn de gaten gevuld door de morteldotten. De gaten kunnen ter plaatse of in een atelier worden hersteld met geschikt gereedschap.

→ **Afwerking.** Afhankelijk van de (functionele en esthetische) eisen en de steensoort moet worden gespecificeerd hoe het zichtvlak en de randen van de natuursteenplaten er moeten uitzien (onbewerkt, gezaagd, gepunthamerd, gegritstraald, gevlamd, gepolijst, verzoet, etc.). Sommige afwerkingen (grofgezaagd, geslepen, etc.) kunnen ervoor zorgen dat de gevel minder zonne-energie absorbeert, wat nuttig kan zijn bij gevels met donkere, gelijkde stenen die bijdragen tot het ontstaan van hitte-eilanden in steden en door de zon kunnen loskomen.

→ **Hoeveelheid.** Sommige leveranciers kunnen bij de levering van het product een extra hoeveelheid voorzien als ze niet de absolute homogeniteit van de hierboven vermelde kenmerken kunnen garanderen. Het is ook nuttig een extra benodigde hoeveelheid in rekening te brengen in het geval van hergebruik in situ. Daarnaast wordt aangeraden om een reservevoorraad natuursteenplaten te voorzien voor eventuele latere herstellingen. Afhankelijk van het gekozen legpatroon

zal een grotere of kleinere marge noodzakelijk zijn vanwege de hoeveelheid snijverlies.

De meeste professionele leveranciers kunnen garanderen dat de geleverde partijen aan deze eisen voldoen. Er kan een controletestprocedure uitgevoerd worden op basis van een contractueel monster en een bemonstering bij ontvangst.

Over het algemeen worden gerecupereerde bouwmaterialen verkocht 'as is' (in de staat waarin ze verkeren). De verkoopsvoorwaarden kunnen echter specifieke garanties bevatten, eigen aan het materiaal. Bepaalde leveranciers kennen de herkomst van het materiaal en/of kunnen specifieke informatie verstrekken over het aangekochte product (zie de inleidende fiche voor meer informatie).

#### Ontwerptip!

Over het algemeen wordt de integratie van hergebruikstenen in een project aanzienlijk vergemakkelijkt door de volgende ontwerpstrategieën:

- een legpatroon dat platen van verschillende afmetingen toelaat, bijvoorbeeld een wildverband.
- het mengen van verschillende loten om een willekeurige verdeling van de kleurschakeringen te verkrijgen, of net het apart gebruiken van verschillende loten voor verschillende ruimtes.



Boven: intact pengat  
Onder: pengat gevuld met mortel



Pengat, verwijd tijdens de ontmanteling



Pengat, verwijd tijdens de ontmanteling

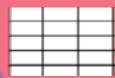
#### Meer lezen!

Meer lezen over de evaluatie van de eigenschappen van gerecupereerde platen natuursteen voor gevelbekleding:

Méthodologie de diagnostic et d'évaluation des performances pour le réemploi de revêtements de façade en pierre naturelle attachée  
- Fondation Bâtiment Énergie (in het Frans)

<http://www.batiment-energie.org/doc/70/FBE-ECB-enjeu-A-facade-V5.pdf>





**Eigenschappen en geschiktheid voor beoogd gebruik**

Wanneer de steensoort bekend is, is het meestal mogelijk de algemene eigenschappen van een lot gerecupereerde natuurstenen elementen te bepalen. Deze informatie is waardevol bij het beoordelen van hun geschiktheid voor beoogde gebruik.

Zie bijvoorbeeld: [www.febenat.be](http://www.febenat.be); [www.stonenaturelle.fr](http://www.stonenaturelle.fr); [www.pierreetsol.com](http://www.pierreetsol.com); [www.wtcb.be](http://www.wtcb.be); etc.

In de volgende tabel (Tabel 1) worden ter informatie enkele bekende prestaties opgelijst van een aantal gesteentes die vaak voorkomen bij hergebruikplaten. Het is evenwel belangrijk hierbij te vermelden dat elke steen zijn eigen specifieke kenmerken heeft en dat twee partijen platen van eenzelfde gesteente verschillende prestaties kunnen vertonen.

De geharmoniseerde Europese norm EN 1469 omschrijft (in functie van de context) de relevante eigenschappen voor het bepalen van de geschiktheid voor beoogd gebruik van natuursteenplaten voor muurbekledingen. Hoewel deze eigenschappen beschreven worden voor nieuwe materialen, rechtstreeks afkomstig uit de mijnbouw en verwerkende industrie, kunnen ze ook nuttig zijn in het specifieke geval van hergebruikplaten voor binnen- en buitengebruik (Tabel 2).

**Tip!**

Indien de prestaties bepaald moeten worden in het laboratorium, dan moet er een representatief staal van de betreffende partij worden genomen. Het aantal en de afmetingen van de te nemen monsters zijn afhankelijk van het soort test dat moet worden uitgevoerd. Om bruikbare testresultaten te verkrijgen, moet de bemonsteringsprocedure zeer nauwgezet worden gevolgd. U kunt hierbij beroep doen op een specialist om de monsters en de uit te voeren tests te bepalen. De specialist zal er bijvoorbeeld op toezien dat de eigenschappen van verschillende monsters onder dezelfde belasting worden beoordeeld om een representatieve gemiddelde waarde te verkrijgen. De testprocedures zullen worden bepaald op basis van de oorspronkelijke en nieuwe toepassingen van de natuursteenplaten.

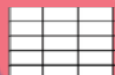
Tabel 1 : Technische kenmerken van de meest gangbare steensoorten die worden gebruikt voor muurplaten.

	Schijnbare volumieke massa (kg/m <sup>3</sup> )	Buigsterkte (MPa)	Poreusheid	Slijtagegedrag
<b>Zandsteen</b>	2000 - 2700	3 - 14	weinig poreus (0,5 tot 25%)	goed tot zeer goed
<b>Zachte kalksteen (bv. witte kalksteen)</b>	< 2500	2-17	poreus (5 tot 50%)	goed
<b>Compacte kalksteen (bv. blauwe hardsteen)</b>	> 2500	2-17	weinig poreus (0,2 tot 5%)	goed
<b>Graniet</b>	2500 - 3000	8 - 25	zeer weinig poreus (0,2 tot 2%)	zeer goed
<b>Marmer</b>	2600 - 2900	8 - 22	zeer weinig poreus (0,2 tot 2%)	goed

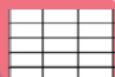
Tabel 2 : Relevante kenmerken om de geschiktheid voor beoogd gebruik van natuursteenplaten, als muur- of gevelbekleding te bepalen

Eigenschappen	Binnen	Buiten	Commentaar
<b>Geologische herkomst en petrografische beschrijving</b>	x	x	De natuursteenplaten kunnen afkomstig zijn van toepassingen die gerealiseerd geweest zijn met elementen van verschillende afkomst. Hoewel het meestal mogelijk is om de steensoort visueel te bepalen, kan er zelden met zekerheid bevestigd worden dat alle stuks dezelfde geologische herkomst hebben, tenzij er bronnen zijn die dit kunnen staven. (bv. een certificaat van oorsprong, archiefdocumenten, etc.). Zeker voor uit verschillende demontagewerven samengestelde partijen platen is de kans erg groot dat de geologische herkomst varieert.
<b>Geografische herkomst</b>	x	x	Net zoals de geologische herkomst, is het moeilijk om met zekerheid te weten wat de geografische herkomst is van een partij hergebruikplaten (de steengroeve van oorsprong). Toch kunnen bepaalde kenmerken afgeleid worden indien geweten is waar de platen gedemonteerd zijn geweest. Zo zullen platen die in goede staat gerecupereerd werden uit een gebied dat onderhevig is aan zware vorst-dooicycli hoogstwaarschijnlijk een goede vorstweerstand hebben. Een gebrek aan informatie over de steengroeve van oorsprong kan dus grotendeels opgelost worden door informatie over het oorspronkelijke gebruik van de elementen (buiten- of binnenbekleding) en/of de locatie van demontage.
<b>Schijnbare volumieke massa en open poreusheid</b>	x	x	Deze kenmerken verschillen per gesteente. De volumieke massa [kg/m <sup>3</sup> ] geeft een aanduiding van de compactheidsgraad van een steen. Over het algemeen kunnen we stellen dat hoe compacter het gesteente is, hoe minder poreus. De open porositeit van een steen wordt bepaald door de relatieve hoeveelheid poriën, die onderling verbonden en toegankelijk voor water zijn. De eigenschap wordt uitgedrukt in [volumepercent]. Dit kenmerk beïnvloedt in het bijzonder de weerstand tegen vlekken en vuildeeltjes. Het heeft geen directe invloed op de vorstgevoeligheid van stenen elementen (waar eerder het vermogen om het geabsorbeerde water opnieuw af te voeren van belang is). Beide kenmerken kunnen worden geschat op basis van technische documentatie over natuurstenen (zie Tabel 1). Indien nodig kan het type gesteente bepaald worden via de methode vastgelegd in de proefnorm EN 1936.

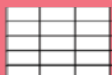




Eigenschappen	Binnen	Buiten	Commentaar
<b>Geometrische kenmerken</b>	x	x	<p>Deze eigenschappen kunnen door eenvoudige metingen worden bepaald. Ze zijn nauw verbonden met de mate van sortering en reiniging van de hergebruikplaten en met de bewerkingen die op het materiaal werden uitgevoerd. Indien de platen opnieuw moeten worden bewerkt of verzaagd, wordt aangeraden om samen met de leverancier de maattoleranties te bepalen op elke afmeting (breedte, dikte, lengte, etc.) in functie van de plaatsing, het legpatroon, de steensoort en de functionaliteit van de muurbekleding (deze verschillende aspecten worden beschreven in norm EN 1469). Ook de eisen omtrent vlakheid en haaksheid moeten gedetailleerd worden omschreven. Als de plaat bijvoorbeeld wordt vastgezet met een lijm mortel of een dunne laag mortel, dan kunnen strengere toleranties noodzakelijk zijn. Tot slot kunnen sommige natuursteenplaten voor hergebruik van metamorf marmer tijdens hun vorige gebruik zijn kromgetrokken. In functie van de toepassing is het mogelijk dat deze platen niet hergebruikt kunnen worden.</p> <p>Onbewerkte hergebruikplaten vertonen over het algemeen vormonregelmatigheden door hun oorspronkelijke vervaardiging en/of opgelopen slijtage gedurende hun vroegere gebruiksperiode.</p>
<b>Buigsterkte</b>	x	x	<p>De buigsterkte <math>R_f</math> [MPa] is een mechanische eigenschap die het vermogen van de stenen aangeeft om weerstand te bieden aan buigkrachten tijdens de gebruiksfase. Ze varieert naargelang de steensoort en wordt meestal bepaald door middel van buigproeven, zoals vastgelegd in norm EN 12372.</p> <p>Aan de hand van de buigsterkte kan de toegelaten breukbelasting [kN] van platen in functie van hun afmetingen berekend worden volgens de volgende formule:</p> $P = \frac{R_f \times W \times t^2}{1500 \times L \times F_s} \quad \text{où} \quad P : \text{breukbelasting [kN]}$ <p style="margin-left: 40px;"><math>W, L, t</math> : breedte, lengte en dikte [mm]  <math>R_f</math> : buigsterkte [MPa]  <math>F_s</math> : veiligheidsfactor, meestal <math>F_s = 1,6</math></p> <p>Bij toepassingen met mechanische verankering in de gevel is de buigsterkte van de steen zelden een probleem. Het is veeleer de sterkte van de ankers die bepalend is voor de weerstand tegen de windbelasting, afhankelijk van de hoogte van het gebouw en de oppervlakte van de platen. Als vuistregel kan worden aangenomen dat compacte stenen van middelmatige grootte (<math>\approx 0,75 \text{ m}^2</math>) met een dikte van 3 cm of meer, in de meeste regio's aan deze eisen zullen voldoen.</p>
<b>Sterkte van de bevestiging</b>	x	x	<p>De bevestigingsweerstand moet worden aangetoond volgens de proefnorm EN 13364. Deze moet binnen ten minste 200 N bedragen en buiten ten minste 300 N. Er moeten verschillende bewijzen worden geleverd: de sterkte van de mechanische bevestiging, de plug in de dragende muur, de draadstang, de steen ter hoogte van de verankering en de buigsterkte van de natuursteen loodrecht op de gevel. De eerste 3 criteria worden gewoonlijk door de leveranciers opgegeven in de technische fiches. De sterkte ter hoogte van de ankerbout kan worden bepaald door middel van specifieke proeven die worden beschreven in de norm EN 13364.</p>
<b>Hechtsterkte (bij verlijming)</b>	x	x	<p>De hechtsterkte en de duurzaamheid zijn afhankelijk van verschillende belangrijke factoren: het type mortel/lijmmortel, de te verlijmen oppervlakken, de weersomstandigheden, etc.</p>
<b>Waterdampdoorlatendheid</b>	x	x	<p>De waterdampdoorlaatbaarheid van een steen beschrijft de hoeveelheid waterdamp die bij een gegeven dampdruk en gedurende een bepaalde tijd door het materiaal dringt. Deze eigenschap moet worden beoordeeld als de natuursteenplaat bedoeld is voor gebruik op een plaats waar er eisen gelden op het vlak van waterdampbeheersing. De doorlaatbaarheidscoëfficiënt kan worden bepaald via een laboratoriumproef of worden verkregen op basis van tabelwaarden overeenkomstig EN ISO 12572 en/of EN ISO 10456.</p>
<b>Directe luchtgeluidsisolatie</b>	x	x	<p>De isolerende kwaliteit van een wand hangt zowel af van de eigenschappen van de wand (stijfheid, volumieke massa) als van de frequentie van het geluid. Ze wordt gekenmerkt door de geluidsreductie-index (gemeten in het laboratorium) of de bruto geluidsisolatie (ter plaatse gemeten). Algemeen geldt dat hoe zwaarder (dikker en dichter) het materiaal is, hoe beter het isoleert, vooral tegen luchtgeluiden. Indien deze eigenschap belangrijk is, kan ze in het laboratorium worden bepaald volgens de proefmethode beschreven in EN 1936.</p>



Eigenschappen	Binnen	Buiten	Commentaar
<b>Warmtegeleidbaarheid</b>	x	x	Het warmte-isolerend vermogen is afhankelijk van de aanwezigheid en de grootte van holten in een materiaal. De warmtegeleidbaarheid wordt dan gedefinieerd als de hoeveelheid warmte die per tijds- en oppervlakte-eenheid door het materiaal gaat. Algemeen geldt dat hoe lager de volumieke massa van de platen is, hoe hoger het isolerend vermogen. Indien de platen moeten bijdragen aan de thermische prestaties van een gebouw, kan deze eigenschap in het laboratorium worden bepaald volgens de proefmethode beschreven in EN 1745.
<b>Brandreactie</b>	x	x	Overeenkomstig de Beschikking 96/603/EG van de Commissie wordt natuursteen beschouwd als behorend tot brandreactieklasse A1 (zie EN 12 058 voor de uitzonderingen). Let echter op met het gebruik van vulkitten, die deze prestatie kunnen beïnvloeden.
<b>Weerstand tegen vorst/dooi (en tegen strooizout)</b>		x	Voor buitentoepassingen moeten natuursteenelementen bestand zijn tegen vorst/dooi zonder dat hun uitzicht en hun mechanische eigenschappen worden aangetast. De herkomst en de staat van een partij natuursteenplaten kan een nuttige indicatie geven van hun weerstand tegen vorst/dooi. Veel oude platen afkomstig van buitentoepassingen hebben tijdens hun eerste gebruiksfase meer vorst-dooicycli doorgemaakt dan wordt aanbevolen door de proefnorm waarmee deze prestatie kan worden beoordeeld (EN 12371). Daarom is het belangrijk de geografische oorsprong en de oorspronkelijke klimatologische omstandigheden van een lot te kennen (bv. een partij afkomstig uit Noord-Europa zal waarschijnlijk geschikt zijn voor een toepassing in het mediterrane klimaat van Zuid-Frankrijk). Doorgaans zijn de minst sterke platen die vorstschade hebben opgelopen al afgevoerd tijdens de sorteer- en reinigingsfase.
<b>Weerstand tegen thermische schokken</b>		x	De weerstand tegen thermische schokken beschrijft de mate waarin de steen bestand is tegen snelle temperatuurschommelingen (bv. een gevel die wordt blootgesteld aan sterke zonnestraling en vervolgens aan regen). Dit kan schade veroorzaken aan dunne gevelbekledingen: barstjes die doorgaans ontstaan ter hoogte van discontinuïteiten (aders, stylolietvoegen, etc.), microscheurtjes tussen de korrels die bij bepaalde gesteenten tot granulaire decohesie of kromtrekking kunnen leiden (o.a. in marmer en marmerachtig kalksteen). Maar net zoals bij bovenstaande eigenschap hebben veel oude natuursteenplaten tijdens hun eerste gebruiksfase meer cycli van thermische schokken doorgemaakt dan wordt aanbevolen door de proefnorm (EN 14066). Door een simpele visuele inspectie van de platen kunnen beschadigde elementen worden uitgesorteerd.
<b>Weerstand tegen thermische en vochtcycli</b>		x	Voor buitentoepassingen moeten elementen van kristallijn marmer hun goede weerstand tegen granulaire ontbinding kunnen aantonen door middel van een beproeving van hun weerstand tegen thermische en vochtcycli. Maar net zoals bij bovenstaande eigenschap hebben veel oude platen tijdens hun eerste gebruiksfase meer thermische en vochtcycli doorgemaakt dan wordt aanbevolen door de proefnorm (EN 16306). Door een simpele visuele inspectie van de platen kunnen beschadigde elementen worden uitgesorteerd.
<b>Vlekgevoeligheid</b>	x	x	Bij de beoordeling van deze eigenschap wordt een onderscheid gemaakt tussen de 'interne' vlekvorming door de reactie van bepaalde bestanddelen die in de natuursteen aanwezig zijn (metaalhoudende mineralen of organische stoffen die aanwezig zijn in de steen) en de 'externe' vlekvorming door contact met een product dat vlekken maakt.  Inwendige verkleuring is in de eerste plaats een esthetische kwestie en het is dan ook aan het projectteam om te bepalen welke wijzigingen van het uitzicht aanvaardbaar zijn voor het beoogde gebruik.  De vlekgevoeligheid houdt rechtstreeks verband met de poreusheid van de steen. Hoe hoger de poreusheid, hoe makkelijker de steen vloeistoffen (en dus verontreiniging) absorbeert en hoe gevoeliger hij is voor vlekken. Een poreusheid lager dan 4% volstaat meestal om het risico op vervuiling te doen afnemen. Het is ook mogelijk om de mate van vervuiling visueel vast te stellen door te kijken naar het zichtvlak van de hergebruiktelementen voor hun eventuele bewerking. Er bestaan oppervlaktebehandelingen om deze prestatie te verbeteren door de infiltratie van vette stoffen in de openingen van de steen te vertragen.



**Beschikbaarheid**

Het aanbod van hergebruikplaten uit natuursteen voor muurbekleding is nogal wisselend. De grootte van de partijen kan variëren van enkele tientallen tot enkele honderden vierkante meter. Voor grote bestellingen is het verstandig al vroegtijdig navraag te doen bij professionele leveranciers.

**Gevaarlijke stoffen**

Sommige buitenstenen kunnen in contact zijn geweest met gevaarlijke stoffen (vervuiling, graffiti, urine, etc.) en deze hebben geabsorbeerd, vooral wanneer ze poreus zijn. Bij gebrek aan meer specifieke informatie hierover wordt daarom aanbevolen deze niet te gebruiken voor toepassingen die in contact komen met levensmiddelen en mensen

**Richtprijzen (excl. btw)**

Aan de hand van een niet-exhaustieve steekproef van de Noordwest-Europese hergebruikmarkt (België, Frankrijk, Groot-Brittannië en Nederland) konden enkele richtprijzen worden afgeleid. Deze variëren naar gelang de leverancier, de soorten platen en de mate van sortering en reiniging.

- Platen in Bourgondische steen van willekeurige grootte (dikte 2 tot 4 cm): ~ 15 - 25 €/m<sup>2</sup>
- Platen van rood graniet, afkomstig van een kantoorstoren: ~ 20 €/m<sup>2</sup>
- Platen in Paloma-marmer (dikte 3 cm) in goede staat, met verschillende afmetingen: ~ 50 €/m<sup>2</sup>
- Platen in Belgische blauwe hardsteen (dikte 3 cm) in goede staat, met verschillende afmetingen: ~ 120 €/m<sup>2</sup>

- Platen in Carrara-marmer (87 × 84 × 5 cm) krassen en kleine afschilferingen mogelijk, sporen van een haakse slijper op de randen: ~160 €/m<sup>2</sup>

**Gespecialiseerde leveranciers vinden**



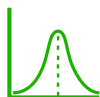
[salvoweb.com](http://salvoweb.com)

[opalis.eu](http://opalis.eu)

**Embodied carbon (cradle to gate - production A1-A3)**

	kg CO <sub>2</sub> eq./m <sup>2</sup>	kg CO <sub>2</sub> eq./kg
OEKOBAUDAT-database (DE) - Individuele thinkstep-gegevens - Granietplaten *	31,8	0,6
OEKOBAUDAT-database (DE) - Individuele thinkstep-gegevens - Marmerplaten *	16,3	0,3
OEKOBAUDAT-database (DE) - Individuele thinkstep-gegevens - Kalksteenplaten *	14,9	0,3

\* Indicatieve waarde voor een gevelbekleding van 1 m<sup>2</sup>, met een dikte van 2 cm en een oppervlaktemassa van 52 kg/m<sup>2</sup>



Naargelang de bron en de steensoort voorkomt het hergebruik van 100 m<sup>2</sup> natuurstenen platen de uitstoot van ~ 1 492 tot ~ 3 175 kg CO<sub>2</sub>-eq. gerelateerd aan de productie van nieuwe tabletten (enkel de productiefase). Dit komt overeen met een traject van ~ 9 000 tot ~ 19 000 km in een kleine dieselauto.



Recuperatie van 5.300 m<sup>2</sup> natuursteenplaten van rood graniet afkomstig van de gevels van de Tour Cèdre in La Défense, Parijs (FR). © Incomex <http://pierre-reemploi.com/offre/granit-rouge-de-facade-nr01/>